

長期モニタリングによる鋼桁橋の動的応答特性に交通車両が与える影響

Investigation of effects of vehicles on dynamic characteristics of a steel girder bridge by long term monitoring

北見工業大学大学院 学生員 ○吉中 正滋
 北見工業大学 正会員 宮森 保紀
 日本航空電子工業(株) 正会員 富岡 昭浩

(株) I H I インフラシステム 正会員 小川 大智
 日本航空電子工業(株) 大胡 拓矢
 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛

1. はじめに

近年、計測技術やコンピュータを用いたデジタル解析技術を利用し、大量のデータを収集・蓄積し、処理することが可能となっており、現地での観測や計測のみならず、遠隔監視できる技術も導入が進んでいる¹⁾。現在は、橋梁の老朽化対策として橋梁ヘルスマニタリングへの関心が高まっている。橋梁ヘルスマニタリングでは、橋梁にセンサを設置し、計測データから橋梁の振動特性を把握することで、振動特性の変化から損傷の有無や位置を把握する場合がある。しかし、振動計測データから得られる振動特性は、損傷のみならず、環境変化や外的作用の影響を受けるため、これらによる振動特性の変化を確認する必要がある。

本研究では、北海道北見市内の橋梁で長期モニタリングを行い、橋梁の動的応答特性に外的作用の一つである交通車両が与える影響について検討する。

2. 対象橋梁とモニタリング内容

2.1. 対象橋梁

対象となる橋梁の側面図を図-1に示す。対象橋梁は、2007年に架設された北見市内にある4径間連続鋼合成少数主桁橋である。第1径間～第3径間は、3主桁となっており、第4径間は、幅員が減少することにより2主桁となっている。床版は合成床版、各支点はゴム支承で弾性支持されている。

2.2. モニタリング内容

本計測では、計測対象である第4径間に3軸加速度計(JA-70SA)を5基設置している。加速度計の配置図を図-2に示す。加速度計測は2016年8月4日から行っている。本研究では、2017年4月1日～2018年3月31日の計測データを利用する。加速度計のサンプリング周波数は1000Hzであり、計測データを10分間ごとに1つのファイルとして保存している。

3. 卓越振動数の抽出方法

卓越振動数は、加速度波形をフーリエ変換し、算出したフーリエスペクトルの第1ピーク値3.2～4.0Hz間のピーク値を曲げ1次振動数、第2ピーク値5.2～6.0Hz間のピーク値をねじれ1次振動数と同定した。

測点2の鉛直方向で計測した加速度波形から得られた卓越振動数の変動を図-3に示す。図-3(a)の曲げ1次振動数は、12月～2月に振動数が上昇する傾向がある。図-3(b)のねじれ1次振動数は、12月～2月に振動数が上昇し、5.7Hz～5.9Hzでばらつきが大きくなる傾向にある。

4. 温度による影響

既往の研究²⁾から、卓越振動数とアメダス観測記録による外気温との関係を図-4に示す。図-4(a)の曲げ1次振動数は、温度との負の相関が確認できる。図-4(b)のねじれ1次振動数

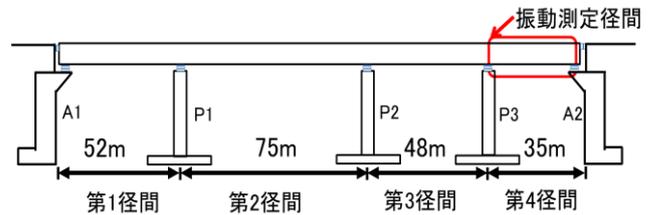


図-1 対象橋梁の側面図

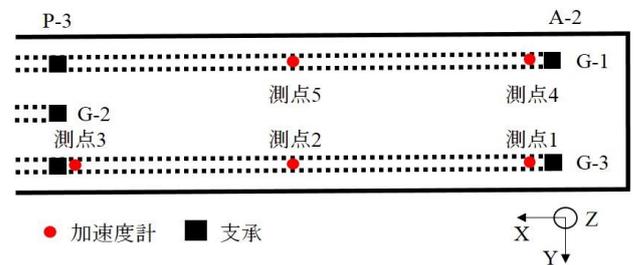
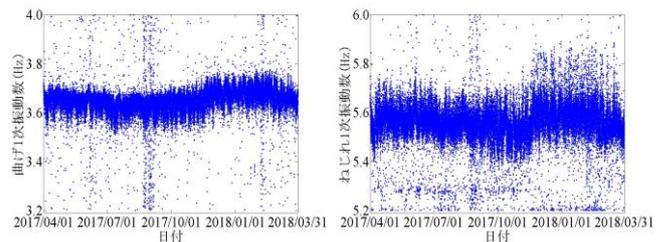
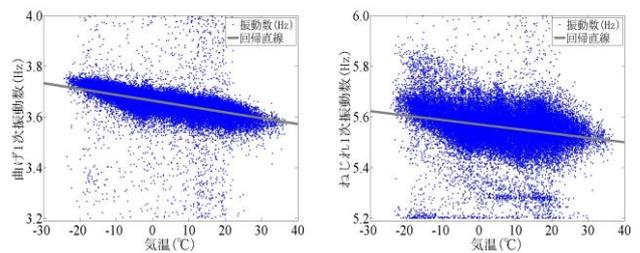


図-2 加速度計の配置



(a) 曲げ1次振動数 (b) ねじれ1次振動数

図-3 卓越振動数の変動



(a) 曲げ1次振動数 (b) ねじれ1次振動数

図-4 卓越振動数と外気温

は、弱い負の相関はあるもののばらつきが大きい。このため、温度以外の影響も受けていると推測する。

5. 交通車両による影響

5.1. 車両台数の推定

測点2と5の加速度波形から車両台数の推定を行った。車

キーワード 橋梁ヘルスマニタリング, 振動特性, 車両台数

連絡先 〒090-8507 北見市公園町165番地 TEL 0157-26-9472 (宮森保紀)

両台数の推定は、10 分間の加速度波形から特徴的領域を検出・抽出する加速度計測データ処理プログラム(AFATool)³⁾を用いた。特徴的領域を車両1台が通過したとみなす加速度応答値の変動として、検出条件を設定し、抽出を行い、その抽出数を車両台数とした。検出の条件項目と加速度波形の関係を図-5に例示し、検出条件値を以下に示す。

- ① 検出するピークの最大値と最小値の差 : 19.6gal
- ② 特徴的領域の継続時間 : 3.5 秒
- ③ 特徴領域の検出直前に割り込ませる余裕時間 : 1.0 秒

これは、計測した加速度波形中で、両振幅で19.6galを超過してから、3.5秒間を車両の通過と判定するものである。本研究では①、②について2017年10月11日の1日分の加速度波形を確認し、車1台の通過を検出できるように加速度波形から試行錯誤的に設定した。

設定した検出条件の精度を確認するため、実際に対象橋梁上を走行した車両台数を目視にて数え、検出条件から推定した車両台数との比較を行った。

目視にて確認を行う期間は、2018年7月10日14時50分～15時10分の20分間と2018年8月27日9時10分～9時50分の40分間の計1時間である。比較結果を表-1に示す。

表-1から測点2と5で約95%の精度で推定できていることが確認できた。対象橋梁は、交通量がそれほど多くなく、車両が単独で通過することが多く良好な検出精度となったと考えられる。測点2と5でほとんど差がないことから、以降では測点2のデータから求めた結果を車両台数とする。

5.2. 車両台数の推移

本研究では、2017年4月～2018年3月までの各月4日からの1週間分(10月のみ11日からの1週間)の加速度波形から車両台数を推定した。推定した車両台数の月ごとの日平均車両台数を図-6に示す。図-6から7月～10月は車両台数が増加し、12月～2月に車両台数が減少する傾向にある。

5.3. 車両台数と卓越振動数

10分間ごとの推定した車両台数と卓越振動数の関係を図-7に示す。図-7(a)の曲げ1次振動数は、車両台数の増加に対し、振動数が低下している。図-7(b)のねじれ1次振動数でも、同じ傾向だが、振動数のばらつきが大きい。

車両台数の増加に伴い振動数が下がる原因としては、橋梁を通過する車両台数が増加することで、上部構造の質量に車両質量が加算され、振動数が低下したと推測する。曲げ1次振動数における回帰直線の傾きは-0.0006、ねじれ1次振動数における回帰直線の傾きは-0.0005であり、限定的ながら交通車両が卓越振動数に与える影響はあることが確認できた。

6. まとめ

本研究は、北見市内の橋梁におけるモニタリングデータに対し、加速度波形から車両台数を推定し、車両台数が卓越振動数の変動に与える影響について検討した。

目視確認との比較により、加速度から車両台数を概ね推定できた。対象橋梁では日平均車両台数が1年を通じて変動することが確認でき、冬に交通量が減少する傾向にあった。卓越振動数と車両台数の関係は、車両台数の増加に対し、振動数が低下する傾向にあり、限定的ながら車両台数も卓越振動数に影響を与えることを確認した。

以上のように、加速度測定結果から通過車両と橋梁の動的特性を同時に推定できた。これより、簡便な計測システムで

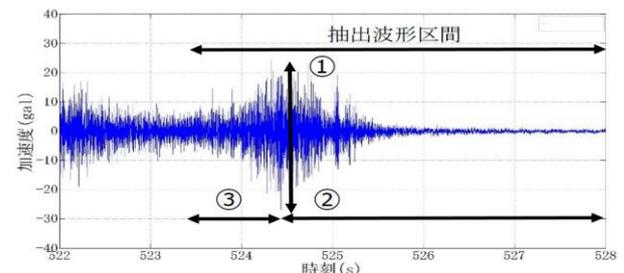


図-5 加速度波形と検出条件

表-1 車両台数の推定結果

	推定される台数(精度)		実際の台数
	測点2	測点5	
2018/7/10(予備計測)	84台	81台	94台
2018/8/27(本計測)	222台	224台	234台
合計	306(96.23%)	305(95.91%)	318台

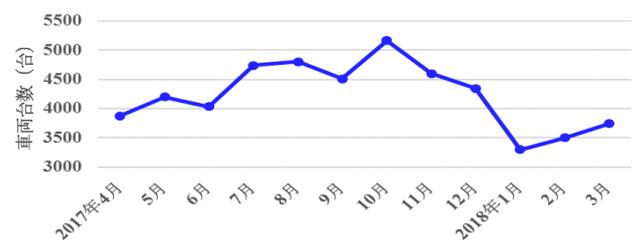
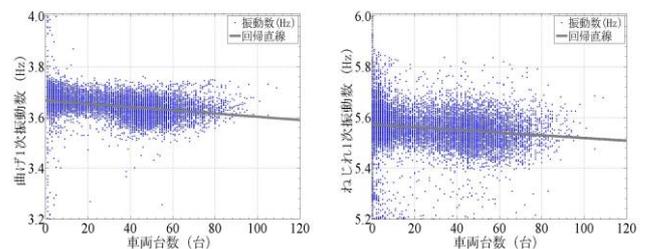


図-6 車両台数の推移



(a) 曲げ1次振動数 (b) ねじれ1次振動数

図-7 卓越振動数と車両台数

も橋梁の入出力関係を総合的に把握できる可能性がある。

今後は、応答加速度から得られる卓越振動数について温度や車両台数の影響を補正し、橋梁構造物そのものの固有振動数を同定する方法について検討する必要がある。

謝辞

本研究の長期橋梁計測に際しては、国土交通省北海道開発局網走開発建設部北見道路事務所にご協力いただきました。また、データ処理プログラムは鋼橋技術研究会センシング技術を用いた構造評価に関する研究部会(長山智則部会長)において、大迫章平氏によって開発されました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 土木学会:土木情報学-基礎編, 2017. 2) 小川大智, 高橋友弥, 宮森保紀, 大胡拓矢, 富岡昭浩, 宮下剛:長期橋梁モニタリングによる少数主桁橋の固有振動数の変動, 平成29年度土木学会北海道支部論文報告集, 第74号, A-30, 2018. 3) 鋼橋技術研究会:センシング技術を用いた構造評価に関する研究部会調査研究報告書, 第3章, 大規模データ貯蔵・処理のための加速度計測データ処理プログラム, 2018.